

## К ХАРАКТЕРИСТИКЕ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОРЛОВСКОГО БИОТИПА

**С.Д. КАРАКОТОВ**, академик РАН, **А.И. ПРЯНИШНИКОВ**, член-корр. РАН,  
**В.Н. ТИТОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**С.Е. ХВЕРЕНЕЦ**, **В.М. ДЕЕВА**, **С.Ю. ДАНИЛОВ**, **И.Н. СМИТ**

АО «ЩЁЛКОВО АГРОХИМ»

*На основе проведенных исследований с использованием SNP-типирования была выделена группа сортов, которые идентифицированы как Орловский биотип. В статье показаны генетические и фенотипические особенности растений данного биотипа. Подчеркнуто, что по результатам индексной оценки NDVI, сорта Орловского биотипа выделяются относительно быстрым характером развития первой половины вегетации при накоплении высокого уровня биомассы (0,89), которая при умеренных темпах репродуктивной фазы позволяет более эффективно реализовать их потенциал, по отношению к сортам других биотипов. Среди особенностей структуры продуктивности растений выделена их индивидуальность в продуктивности колоса, которая сопряжена с числом колосков в колосе, озерненности и массой зерна (более 2,0 гр.). Отмеченные параметры позволили сортам Орловского биотипа показать в селекционных питомниках 2022 года высокий уровень урожайности, а в экологическом испытании с сортами других селекцентров сформировать продуктивность более 150 ц/га (Ермоловка, Щелково 1 и Щелково 2). По результатам изучения селекционный образец Щелково 1 под названием Сократ передан на государственное сортоиспытание.*

**Ключевые слова:** озимая пшеница, сорт, молекулярные маркеры, полногеномное SNP типирование, индекс NDVI.

**Для цитирования:** Каракотов С.Д., Прянишников А.И., Хверенец С.Е., Титов В.Н., Деева В.М., Данилов С.Ю., Смит И.Н. К характеристике сортов озимой пшеницы Орловского биотипа. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):48-53. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-48-53

## TO THE CHARACTERISTICS OF VARIETIES OF WINTER WHEAT OF THE OREL BIOTYPE

**Karakotov S.D., Pryanishnikov A.I., Khverenets S.E., Titov V.N., Deeva V.M.,  
Danilov S.Yu., Smit I.N.**

АО «SHCHELKOVO AGROCHEM»

**Abstract:** *Based on the studies conducted using SNP-typing, a group of varieties was identified as the Orel biotype. The article shows the genetic and phenotypic features of plants of this biotype. It was emphasized that according to the results of the NDVI index assessment, the varieties of the Oryol biotype are distinguished by the relatively rapid nature of the development of the first half of the vegetation with the accumulation of a high level of biomass (0.89), which, at moderate rates of the reproductive phase, allows them to more effectively realize their potential in relation to varieties of other biotypes. Among the features of the structure of plant productivity, their high individuality in the productivity of the ear is highlighted, which is associated with the number of spikelets in the ear, percentage of kernel and grain weight (more than 2.0 grams). The noted parameters allowed the varieties of the Oryol biotype to show a high level of yield in the breeding nurseries of 2022, and in the environmental test with the varieties of other breeding centers to form*

a productivity of more than 150 centners/ha (Yermolovka, Shchelkovo 1 and Shchelkovo 2). According to the results of the study, the breeding sample of Shchelkovo 1 called Socrates was transferred to the State Variety Testing of the Russian Federation.

**Keywords:** winter wheat, variety, molecular markers, whole-genome SNP typing, NDVI index.

### Результаты

Ранее на основе полногеномного SNP-типирования селекционного материала по озимой пшенице АО «Щелково Агрохим», проведенного в ВНИИСХБ, и последующего кластерного анализа была выделена группа сортов, которые были нами идентифицированы как сорта Орловского биотипа [1]. В данную группу сортов вошли сорта Ермоловка, Синева, селекционные образцы Щелково 1, Щелково 2 и экспериментальная линия Тургеневская 200 ФНЦ ЗБК (рис. 1).

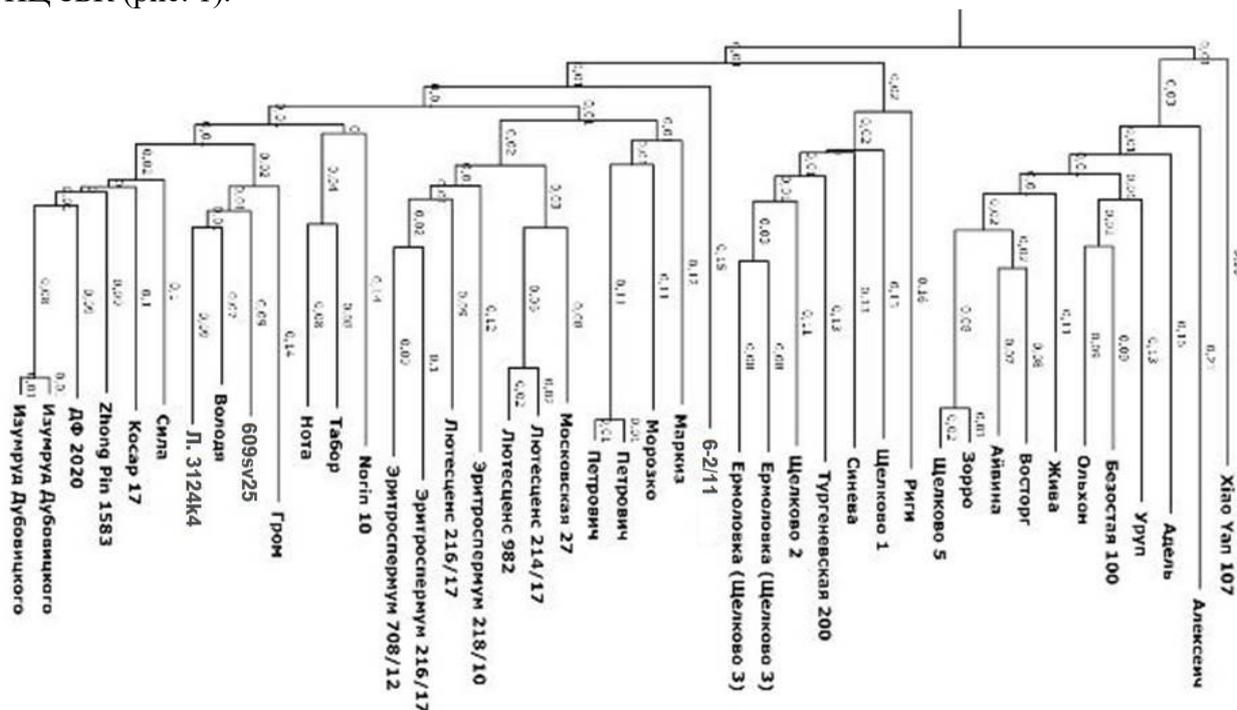


Рис. 1. Дендрограф кластерного анализа полногеномного SNP-типирования образцов озимой пшеницы

В характеристике, определяющей генетическую природу сортов Орловского биотипа, было подчеркнуто наличие молекулярных маркеров, сопряженных с системой их яровизации, качества зерновой продукции и низкорослости (табл. 1). Так у селекционной линии Щелково 1 отмечен маркерный ген низкорослости Rht1, а у Щелково 2 – Rht2. Среди маркеров, отвечающих за качественные свойства зерна, у образцов Тургеневская 200, Щелково 1 и Щелково 2 обнаружена локализация маркера гена Glu-A1. Помимо этого у селекционного номера Щелково 2 было обнаружено присутствие маркера гена Glu-B1, который, по мнению ряда ученых, сопряжен с формированием зерном пшеницы крепкой клейковины [2, 3]. Также у всех сортов биотипа обнаружено присутствие субъединиц 2+12 в аллельном состоянии гена Glu-D1, который по мнению ряда ученых оказывает негативное влияние на хлебопекарные свойства (Семенов, Дивашук, 2018). При анализе систем яровизации (Vrn) и фотопериодизма (Prd) был типизирован характер, присущий сортам северного экотипа, у которого процессы яровизации протекают на пониженном температурном фоне (+2°C и ниже). Среди эталонных сортов, которым присущ такой характер, следует выделить сорта Мироновская 808 и Московская 39. Последнее заключение находит свое подтверждение и при индексной оценке NDVI сортов, которые проводились в различных питомниках испытания 2022 г.

Таблица 1

**Характеристика сортов Орловского биотипа по отдельным генетическим маркерам**

Сортообразец	Гены низкорослости			Маркеры качества зерна			
	Rht1	Rht2	Rht11	GluA1	GluB1	1B1R	2+12
Щелково 1							
Щелково 2							
Ермоловка							
Синева							
Тургеневская 200							

*Зеленым фоном отмечено присутствие маркерного гена у сорта*

Типизированный график кривой индексов NDVI во время вегетации у сорта Ермоловка представлен на рис. 2. В оценке помимо максимальных значений NDVI использовались площади под кривой, которые идентифицированы как индекс вегетации (ИВ) – общая площадь под кривой, индекс нарастания биомассы (ИНБ) – площадь под восходящей кривой, индекс репродуктивного периода (ИРП) – площадь под нисходящей кривой и индекс созревания (ИС) – отношение индекса нарастания биомассы к индексу репродуктивного периода. Кластерный анализ параметров индексной оценки NDVI в питомниках испытаний позволил выделить у сортов озимой пшеницы четыре основных типа формирования продуктивности (табл. 2).

Таблица 2

**Характеристика основных типов сортов по индексной оценке NDVI**

Типы сортов	Индекс вегетации, S	Индекс нарастания биомассы, S+	Индекс репродуктивного периода, S-	NDVI, max	Индекс созревания
<b>Тип 1*</b>	<b>72,56</b>	<b>44,96</b>	<b>27,60</b>	<b>0,89</b>	<b>1,65</b>
Тип 2	72,67	48,79	23,88	0,88	2,06
Тип 3	71,14	47,04	24,10	0,90	1,96
Тип 4	68,82	44,81	23,92	0,87	1,88
<b>F05</b>	<b>11,04**</b>	<b>5,31**</b>	<b>4,90**</b>	<b>7,14**</b>	<b>4,68**</b>
<b>НСР05</b>	<b>1,98</b>	<b>2,65</b>	<b>2,27</b>	<b>0,01</b>	<b>0,23</b>

*\*) – жирным курсивом и цветом выделены параметры индексной оценки у сортов Орловского биотипа*

*\*\*\*) – значимо на 5 % уровне*

По результатам исследований подчеркнуто, что сорта Орловского биотипа характеризуются повышенными параметрами общей индексной оценки NDVI (ИВ – 72,56). В динамике развития растений выделяются быстрым накоплением биомассы (ИНБ – 44,96) при достижении максимального уровня показателя NDVI (0,89). Репродуктивная половина вегетации характеризуется умеренным темпом развития, что позволяет им более эффективно реутилизировать накопленные пластические вещества в зерновой продукции. О темпах развития второй половины вегетации свидетельствуют высокие параметры Индекса репродуктивного периода (ИРП – 27,60) и минимальны значения Индекса созревания (ИС – 1,65). Средний уровень урожайности у сортов в технологических опытах составил 97,45 ц/га.

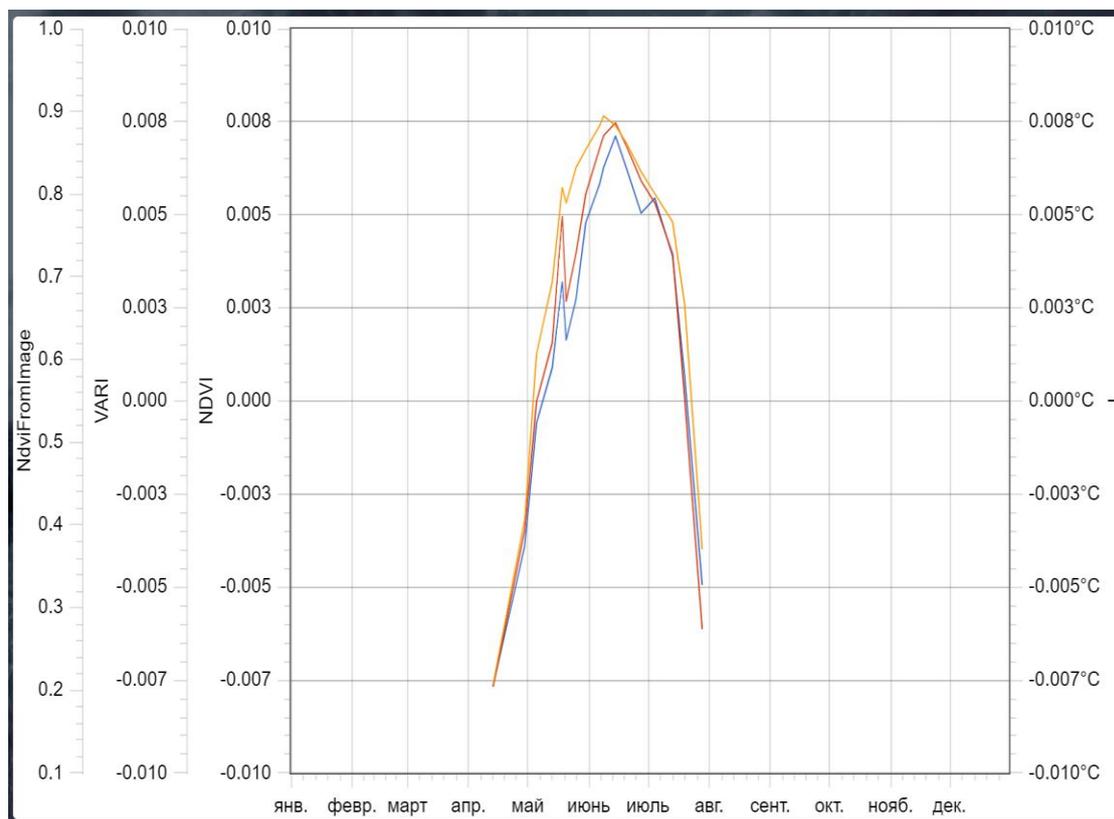


Рис. 2. График динамики индексной оценки NDVI у сорта Ермоловка в технологических опытах 2021/2022 гг. Технология максимальных возможностей — оранжевая линия  
Технология оптимальных решений — красная линия  
Традиционная технология — синяя линия

Отмеченные тенденции сохраняются и в оценке сортов Орловского биотипа в различных схемах их выращивания. В табл. 3 показаны параметры индексной оценки в опытах по технологической паспортизации сортов в конкурсном сортоиспытании. Выделенная ранее особенность умеренной реакции в процессах реутилизации пластических веществ во время репродуктивной фазы развития, подчеркнута показателем Индекса созревания, средняя величина которого равна – 1,68 (табл. 3).

Таблица 3

**Параметры индексной оценки сортов озимой пшеницы Орловского биотипа в различных вариантах опыта и питомниках испытания, 2022 г.**

Варианты опыта	Индекс вегетации, S	Индекс нарастания биомассы, S+	Индекс репродуктивного периода, S-	NDVI, max	Индекс созревания
Традиционная технология	69,74	43,89	25,85	0,88	1,70
Технология оптимальных решений	71,15	45,47	25,68	0,89	1,77
Технология высоких урожаев	76,71	43,71	33,00	0,91	1,34
Конкурсное сортоиспытание	76,02	49,66	26,36	0,91	1,89
<b>Среднее</b>	<b>73,40</b>	<b>45,68</b>	<b>27,72</b>	<b>0,90</b>	<b>1,68</b>

Ранее, в 2021 году, среди фенотипических особенностей сортов Орловского биотипа был отмечено сочетание высокого потенциала продуктивных свойств с относительно удовлетворительными критериями качества зерна [1]. Изучение урожайных свойств в различных питомниках 2022 года подтвердил данную особенность сортов Орловского биотипа. Так в технологиях высоких урожаев технологического опыта все сорта превзошли урожайность в 100 ц/га, а в конкурсном сортоиспытании образец Щелково 1 сформировал продуктивность растений на уровне 152,8 ц/га, Ермоловка – 144,9 ц/га. В питомнике экологического испытания, где для растений был сформирован повышенный фон минерального питания на сорте Ермоловка была зафиксирована урожайность в 165,7 ц/га, у Щелково 1 – 163,0 ц/га, а у Щелково 2 – 154,9 ц/га (табл. 4).

Таблица 4

**Урожайность сортов Орловского биотипа в различных испытаниях 2022 г.**

Тип сортов	Урожайность сортов в питомниках испытания, ц/га			
	Технологический питомник	Конкурсное сортоиспытание	Экологическое сортоиспытание	Цирулев (Самара)
Щелково 1	<b>118,7</b>	<b>152,8</b>	<b>163,0</b>	<b>70,6</b>
Щелково 2	<b>113,9</b>	<b>136,8</b>	<b>154,9</b>	<b>74,8</b>
Ермоловка	<b>107,9</b>	<b>144,9</b>	<b>165,7</b>	<b>74,1</b>
Синева	<b>112,3</b>	<b>140,0</b>	-	<b>69,4</b>

Анализ структуры продуктивности растений позволил подчеркнуть их индивидуальность и по элементам продуктивности колоса. Сорта Орловского биотипа выделяет длинный (до 10,7 см – у Синева) и озерненный колос (до 45,5 зерен – у Щелково 1). Это позволяет даже при средних показателях массы 1000 зерен (42,0-45,9 гр.) формировать до 2,4 гр. зерна с колоса у Щелково 1 (табл. 5).

Таблица 5

**Элементы структуры урожая у сортов озимой пшеницы селекции АО «Щелково Агрохим», 2022 г.**

Тип сортов	Высота растений, см	Продуктивная кустист.	Длина колоса, см	Число колосков в колосе	Число зерен в колосе	Вес зерна с колоса, гр.	Вес 1000 зерен, гр.
Щелково 1	82,8	2,7	9,4	20,1	45,5	2,40	45,9
Щелково 2	77,2	3,6	8,7	18,6	39,0	1,80	42,0
Ермоловка	93,0	3,3	8,3	17,8	41,5	2,00	45,5
Синева	96,6	3,9	10,7	22,9	45,0	2,30	51,5
Изумруд Дубовицкого	72,8	4,0	6,2	13,3	24,4	1,20	44,9
Система	71,9	3,4	9,5	20,3	42,4	1,87	44,6
ДФ 2020	82,1	3,6	7,9	16,9	30,9	1,60	51,0
Интеза	77,6	3,7	8,1	17,3	34,1	2,00	55,1

**Заключение**

Таким образом, по результатам исследований показаны генетические и фенотипические особенности растений данного биотипа по отношению к другим сортам озимой пшеницы. Подчеркнуто, что по результатам индексной оценки NDVI, сорта Орловского биотипа выделяются относительно быстрым характером развития первой половины вегетации при накоплении высокого уровня биомассы (0,89), которая при умеренных темпах репродуктивной фазы позволяет более эффективно реализовать их потенциал, по отношению

к сортам других биотипов. Среди особенностей структуры продуктивности растений выделена высокая их индивидуальность в продуктивности колоса, которая сопряжена с числом колосков в колосе, его озерненности и массой зерна (более 2,0 гр.). Отмеченные параметры позволили сортам Орловского биотипа показать в селекционных питомниках 2022 года высокий уровень урожайности, а в экологическом испытании с сортами других селекцентров сформировать продуктивность более 150 ц/га (Ермоловка, Щелково 1 и Щелково 2). По результатам изучения селекционный образец Щелково 1 под названием Сократ передан в ГСИ РФ.

#### Литература

1. Каракотов С.Д., Карлов Г.И., Прянишников А.И. и др. К использованию алгоритмов маркерной селекции для улучшения сортов озимой пшеницы. // Вестник аграрной науки, – 2022. – № 3 (96). – С. 8-17.
2. Беспалова Л.А. Вклад генетики в "Зеленые прорывы" в селекции. // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвященный 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы. Сборник тезисов международного конгресса. – 2019. – 423 с.
3. Дивашчук М.Г., Васильев А.В., Беспалова Л.А., Карлов Г.И. Идентичность генов короткостебельности Rht-11 и Rht-b1e. // Генетика, – 2012. – Т. 48. – № 7. – 897 с.

#### References

1. Karakotov S.D., Karlov G.I., Pryanishnikov A.I. et al. Toward the use of marker-assisted breeding algorithms to improve winter wheat varieties. // *Vestnik agrarnoi nauki*, 2022, №3 (96). – pp. 8-17.
2. Bespalova L.A. Contribution of genetics to «Green Breakthroughs» in breeding. // VII Congress of the Vavilov Society of Geneticists and Breeders dedicated to the 100th anniversary of the Department of Genetics, SPbSU, and associated symposia. Collection of abstracts of the International Congress. 2019. – p. 423.
3. Divashchuk M.G., Vasil'ev A.V., Bespalova L.A., Karlov G.I. Identity of short stalkedness genes Rht-11 and Rht-b1e. // *Genetika*, 2012, v. 48, № 7. – p. 897.